



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Segundo informe parcial: Diseño y construcción de un prototipo UAV para la vigilancia de personas

Jonathan Leonard Crespo Eslava

Sebastian Diaz Martinez

Esperanza Margarita Palacios Vargas

Carlos Andrés Terán Jiménez

Ing. Manuel Amézquita Pulido

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Proyecto Aplicado de Ingeniería
Bogotá, Colombia
Marzo, 2017

RESUMEN

En el presente informe detallamos la metodología realizada para desarrollar el diseño conceptual del proyecto y la seguimos y exponemos de forma detalla. En este proceso consideramos los siguientes pasos:

1. Análisis funcional
2. Generación de alternativas de solución
3. Selección de alternativa dominante

Para esto hacemos uso de métodos tales como la matriz pasa-no pasa y la matriz de Pugh. De la misma forma, mostramos con profundidad el proceso de creación del diagrama de caja negra, de caja gris, y también la realización del árbol de descomposición funcional.

Todos estos insumos están derivados del conocimiento de los subproblemas junto con las búsquedas externa (consulta de patentes y/o proyectos similares) e interna (aplicación de técnicas de creatividad), manejadas tal que establezcamos las funciones del producto y la forma como este las cumplirá. Con esto, analizamos los diferentes sistemas y los constituimos en propuestas integradas a partir del refinamiento de conceptos de las cuales escogemos y ultimamos una sola que es la que tomará forma como estructura general en el proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS	
LISTADO DE TABLAS	
SIMBOLOGÍA Y NOMENCLATURA EMPLEADA	
INTRODUCCIÓN	Pág
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
2. ANÁLISIS FUNCIONAL	11
2.1 Diagrama de caja negra	11
2.2 Diagrama de caja gris	13
2.3 Árbol de descomposición funcional	14
3. MAPEO FUNCIÓN-CONCEPTOS	17
3.1 Generación de conceptos	17
3.2 Búsqueda externa	18
4. INTEGRACIÓN DE CONCEPTOS	22
4.1 Árbol de clasificación	22
4.2 Tablas de combinación de conceptos.....	26
5. APLICACIÓN DE TRIZ	28
6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y SELECCIÓN DE CONCEPTO DOMINANTE	33
6.1 Filtro previo.....	33
6.2 Matriz pasa-no pasa.....	37
6.3 Matriz de Pugh.....	40
7. TRANSMISIÓN EFECTIVA DEL CONCEPTO GLOBAL DOMINANTE.....	42
Conclusiones y recomendaciones	43
Referencias bibliográficas	44

LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1. Ejemplos de UAVs de ala fija
- Figura 2. Ejemplos de UAVs de ala rotatoria
- Figura 3. Diagrama de caja negra del proyecto
- Figura 4. Diagrama de caja gris del proyecto
- Figura 5. Árbol de descomposición funcional del proyecto
- Figura 6. Primer ramal del árbol de descomposición de funciones
- Figura 7. Segundo ramal del árbol de descomposición de funciones
- Figura 8. Tercer ramal del árbol de descomposición de funciones
- Figura 9. Cuarto ramal del árbol de descomposición de funciones
- Figura 10. PARROT MAMBO
- Figura 11. PARROT BEBOP 2 REAL ESTATE ADVANCED EDITION
- Figura 12. Kit desarmable para UAVs recreativos.
- Figura 13. FX-79 Buffalo.
- Figura 14. Árbol de clasificación de conceptos para la función de control aéreo
- Figura 15. Árbol de clasificación de conceptos para la función de comunicación inalámbrica
- Figura 16. Árbol de clasificación de conceptos para la función de actuación en hélices
- Figura 17. Árbol de clasificación de conceptos para la función de Medición Orientación y posición
- Figura 18. Concepto Dron Helicoptero
- Figura 19. Concepto Dron Aeroplano
- Figura 20. Dron Tricopter
- Figura 21. Dron hélice
- Figura 22. Concepto Dron AeroNave
- Figura 23. Dron Doble Ala Delta
- Figura 24. Concepto Dron Jet
- Figura 25. Concepto Dron Cuadricoptero
- Figura 26. Resultado de la aplicación de la matriz de PUGH

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de combinación de conceptos utilizada como base para la integración de conceptos de subfunciones.

SIMBOLOGÍA Y NOMENCLATURA EMPLEADA

[CO]: Concentración de monóxido de carbono en el aire

α : Aceleración angular, en nuestro caso para un motor eléctrico

θ : Posición angular, en nuestro caso para un motor eléctrico

ω : Velocidad angular, en nuestro caso para un motor eléctrico

FPV: Vista de primera persona, por sus siglas en inglés

GPS: Sistema de geoposicionamiento global, por sus siglas en inglés

HTOL: Despegue y aterrizaje horizontal, por sus siglas en inglés

MDF: Tablero de fibra de densidad media, por sus siglas en inglés. Material aglomerado liviano fabricado con fibras de madera aglutinadas sintéticas mediante presión y calor

PWM: Modulación por ancho de pulsos, por sus siglas en inglés. Tipo de actuador sobre motores eléctricos DC

RF: Radiofrecuencia

UAV: Vehículo aéreo no tripulado, por sus siglas en inglés

VTOL: Despegue y aterrizaje vertical, por sus siglas en inglés

INTRODUCCIÓN

El proceso de generación de conceptos a partir de las funcionalidades que se atribuyen a un futuro producto es vital al momento de iniciar el proceso creativo. En este se describen, entre otras cosas, cuántas configuraciones posibles pueden tenerse, de qué maneras pueden disponerse los componentes y cómo puede darse solución al problema de diseño del producto a partir de distintos enfoques.

Cuando se tienen claros los conceptos a utilizar en el proyecto es posible determinar cuáles de ellos se constituyen como dominantes utilizando técnicas ya conocidas de comparación y filtrado, de manera que finalmente se obtenga el concepto a desarrollar en detalle, pasando después de completado esto a otra fase en el desarrollo del proyecto.

Debido a lo anterior, y a la importancia que tiene el diseño conceptual en el establecimiento de la calidad y los costos finales del producto a largo plazo, el presente informe tiene como objetivo mostrar el desarrollo llevado a cabo para llevar a cabo el análisis funcional y generación de conceptos del proyecto de diseño, construcción y puesta a prueba de un prototipo UAV para la vigilancia de personas; Contrastando además los conceptos generados por nosotros con los existentes implementados en otros productos de funcionalidad similar, con la idea de que se forme un diseño más rico que uno generado sin estas influencias.

Este informe es, por tanto, un seguimiento y exposición detallado del proceso de diseño conceptual de nuestro proyecto.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Existen multitud de tipos de UAVs. Su clasificación principal se asocia al sistema de propulsión utilizado, y este normalmente sugiere la aerodinámica o forma del equipo.

En función al tipo de sistema propulsor del que disponga el sistema aéreo no tripulado se pueden encontrar dos clasificaciones; Cada una con limitaciones y ventajas distintas que determinan en cada caso una selección excluyente entre ellas para su uso en una aplicación: Los UAVs de ala fija y los de ala rotatoria:

1. **UAVs de ala fija:** Son vehículos capaces de volar gracias a la acción de sustentación que genera el viento frontal de ataque, generado por la velocidad adquirida, al interactuar con un juego de alas fijas a la estructura. Alcanzan su velocidad gracias al uso de turbinas propulsoras, no obstante, el vuelo se debe a la acción de los perfiles alares [1] .



Figura 1. Ejemplos de UAVs de ala fija.

Los UAVs de ala fija se caracterizan por poseer una estructura simple con una eficiencia aerodinámica alta que permite a la aeronave tiempos de vuelo más largos a una velocidad elevada. Poseen una autonomía de entorno de una hora de vuelo con velocidades que pueden alcanzar hasta los 100 km/h, esto los hace capaces de cubrir grandes extensiones de terreno.

Es por la presencia de este tipo de características en ellos que son utilizados en aplicaciones de reconocimiento aéreo para zonas de gran extensión, pues permiten la captura de imágenes geo-referenciadas a gran escala. También son capaces de transportar cargas adicionales elevadas, mayores que las que pueden soportar los vehículos de ala rotatoria, a grandes distancias [2] [3].

Para el despegue de este tipo de vehículos es necesario una lanzadera o pista que permita poder adquirir la velocidad adecuada para el vuelo, o disminuir la misma en el caso del aterrizaje.

2. **UAVs de ala rotatoria:** Este tipo de vehículos se caracteriza por disponer de una o varias hélices que giran impulsadas por un motor o un conjunto de motores al que se le denomina rotor. Este sistema es el encargado de proveer el impulso necesario para el despegue y la maniobrabilidad de la aeronave [4].

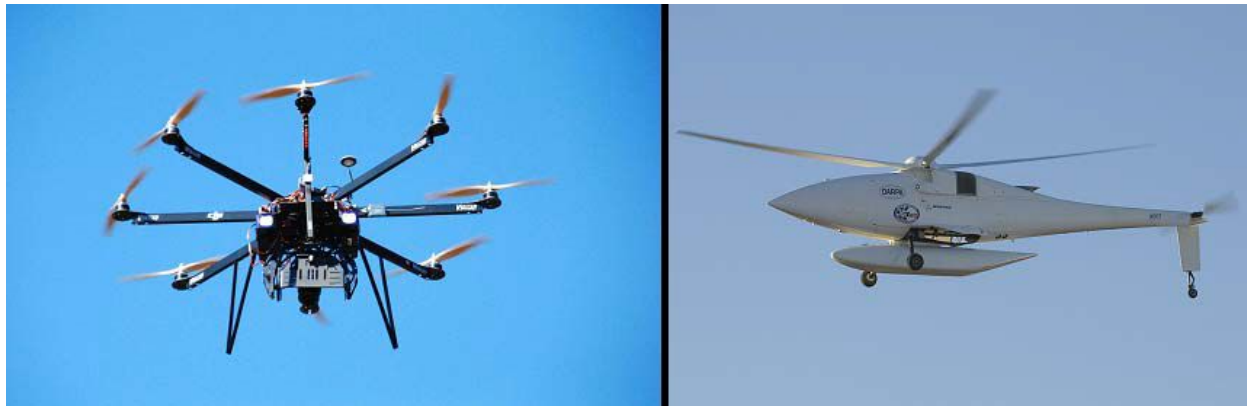


Figura 2. Ejemplos de UAVs de ala rotatoria

Las aeronaves de este tipo, al tener una complejidad estructural mayor, son más lentas y tienen un rango de vuelo más limitado que las de ala fija; Poseen una autonomía máxima, generalmente, de unos 30 minutos, y son capaces de volar a una velocidad media ubicada en torno a los 60 km/h. Su autonomía reducida con respecto a la de los vehículos de ala fija se debe a que éstos últimos son capaces de planear, cosa que reduce su consumo energético. Los UAVs de ala rotatoria necesitan estar entregando potencia a los motores en todo momento cuando están suspendidos en el aire, lo que se reduce su tiempo en vuelo.

La ventaja que nos ofrece este diseño es la capacidad de despegue y aterrizaje vertical (VTOL, por sus siglas en inglés), por lo que no requieren de amplias extensiones de terreno para llevar a cabo dicha acción. Son capaces de permanecer suspendidos en el aire, inmóviles, por la acción de los rotores, cosa que los hace idóneos para tareas de control sobre objetivos fijos, pues pueden permanecer estáticos a una distancia adecuada de estos. Con la incorporación de dispositivos de grabación son de gran utilidad en labores de vigilancia y monitoreo de elementos tanto fijos como móviles [5].

Los UAVs de ala rotatoria son capaces de volar hasta un punto objetivo, aterrizar sin necesidad de una pista, y permanecer realizando la tarea asignada sin necesidad de mantener su sistema propulsor encendido. Este es un protocolo utilizado en multitud de operaciones. Además, son capaces de llevar una carga adicional y realizar su transporte a un punto geográfico de manera más precisa que la que permitiría un vehículo de ala fija, que lo resuelve dejándola caer, con los subsecuentes problemas en el aterrizaje de la misma y la precisión de la entrega.

Los vehículos de ala rotatoria se clasifican en función del número de rotores de que disponen para despegar y mantener el vuelo; Varían entre una hélice como los

helicópteros, hasta los multicópteros que cuentan con un número de hélices que puede alcanzar las ocho, como se verá más adelante.

2. ANÁLISIS FUNCIONAL

El análisis funcional es el primer paso del diseño conceptual, consiste en reconocer las tareas que debe cumplir el entregable, vincularlas con relaciones internas, jerarquizarlas y asignarles valor.

Para desarrollar esta componente del diseño conceptual nos planteamos dos preguntas que facilitan su ejecución: ¿Qué funciones debe cumplir el producto de diseño durante su operación? y ¿Cómo podría cumplir estas funciones? Teniendo esto en cuenta y conociendo los requerimientos del cliente después de su depuración como especificaciones de ingeniería, procedimos a identificar las funcionalidades del producto. Con esto obtuvimos de forma inicial el diagrama de caja negra, que siempre tiene entradas relacionadas con materiales, energía e información y salidas del mismo tipo.

2.1 DIAGRAMA DE CAJA NEGRA

Para construir este análisis se debe tener en cuenta la identificación realizada previamente sobre el conjunto de necesidades del cliente y el establecimiento de las especificaciones objetivo del producto, para así determinar las funciones más acordes al producto a desarrollar. Además, debe hacerse una clasificación de estas funciones bien sea por importancia o por tipo de prestación.

Notamos que: La entrada correspondiente a la luz es la que recibe la cámara en su funcionamiento, esto es por causa un forzamiento que tiene gracias a su principio físico de funcionamiento. La potencia es la entrada que permite el funcionamiento de todos los sistemas internos del equipo. Todas las salidas indeseadas pero imperativas serán señaladas en rojo.

Con la meta de determinar bien este diagrama pensamos detalladamente sobre las acciones de control que debe ejercer el usuario del producto (entradas) y también sobre la información arrojada por el sistema, con el fin de definir las salidas. El modelo obtenido se muestra a continuación:

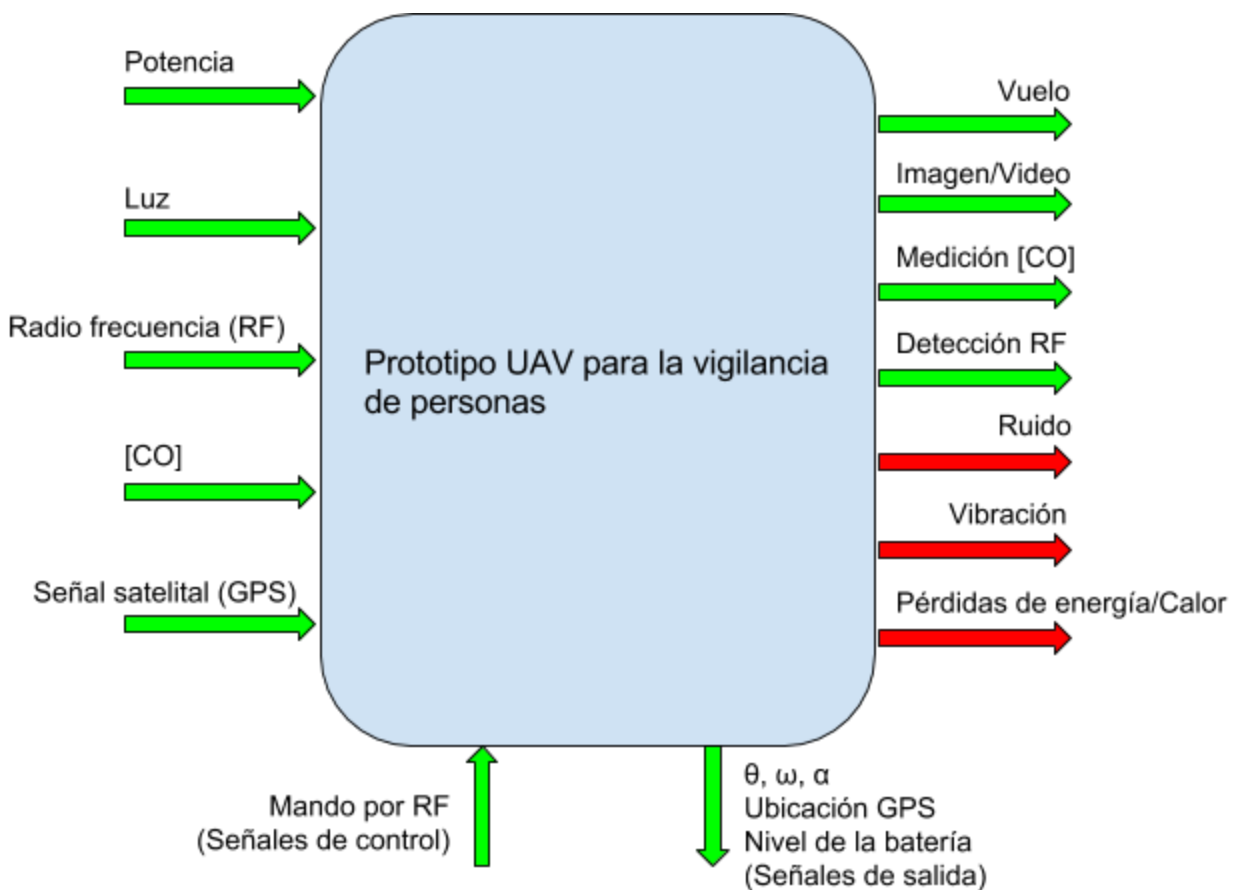


Figura 3. Diagrama de caja negra del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Para limitar el alcance del proyecto puesto que esta es una primera etapa de desarrollo en miras de lograr en trabajos futuros un sistema mucho más robusto y competente para las funciones con que fue creado, se definió que el sistema ha de controlarse manualmente en su movimiento usando un control manual tipo Xbox por parte de un operario humano. Además, el prototipo deberá tener la capacidad de despegar y aterrizar verticalmente (VTOL) en contraposición a la forma horizontal (HTOL).

Puesto que la funcionalidad de detección de personas exige ubicación del objetivo con una posición exacta hasta cierto margen, y no solo una detección de la orientación del mismo se obtiene una ramificación de la entrada de RF, no solo para ubicar el dispositivo tipo manillar sino para por medio de la ubicación del UAV, calcular una distancia estimada entre ambos elementos.

El uso de GPS se vuelve prácticamente un imperativo pues es la tecnología más fiable y asequible de determinación de posición en coordenadas.

2.2 DIAGRAMA DE CAJA GRIS

A partir del análisis de caja negra, que contempla la energía, materiales y señales de entrada y salida requeridos por el sistema, se dio paso al detalle de la definición de las funciones que debería desempeñar el sistema. Para ello nos fijamos principalmente en las funciones mismas del sistema y no la forma como estas pueden ejecutarse, cosa que es un elemento de altísima importancia para estructurar la lógica del producto. A continuación mostramos el diagrama de caja gris obtenido para este proyecto:

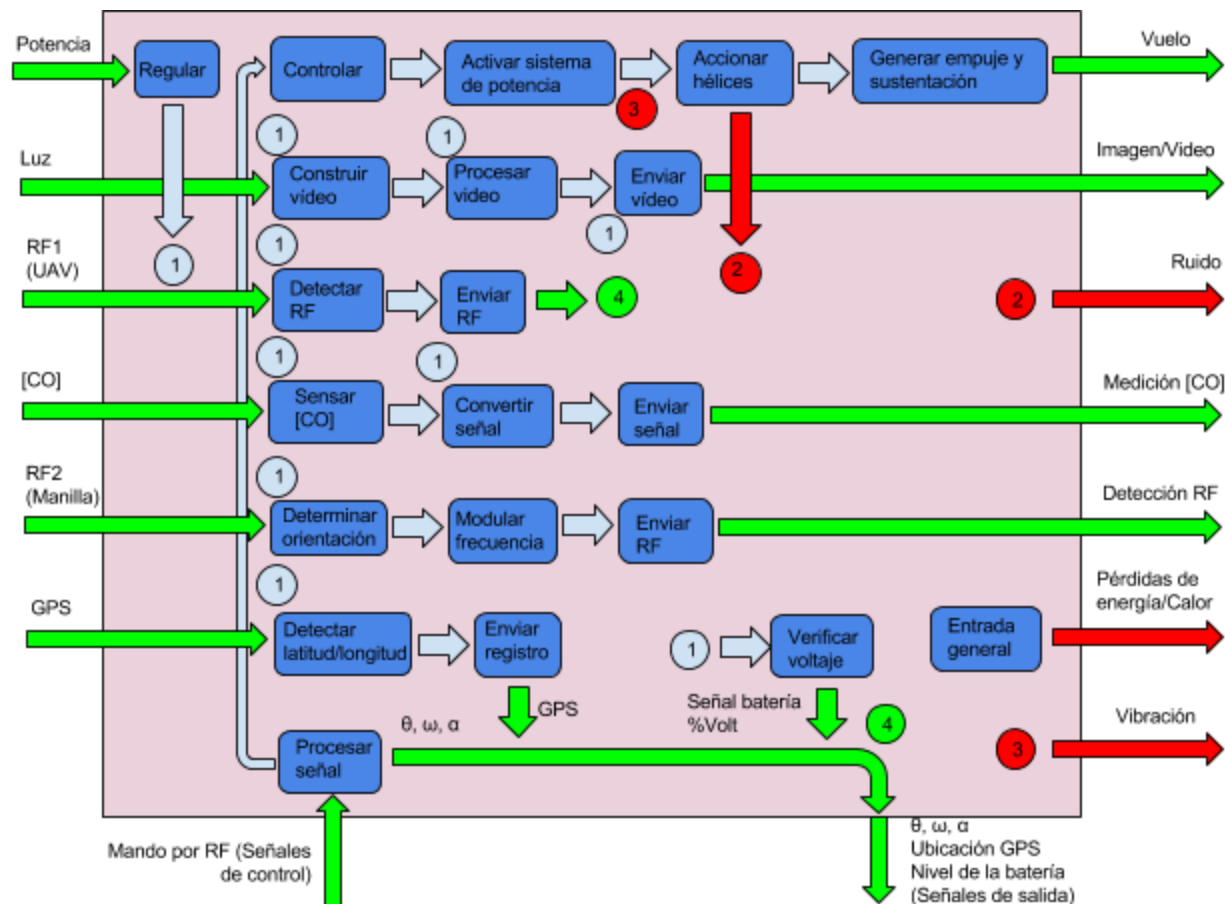


Figura 4. Diagrama de caja gris del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Esta mirada más cercana de las entradas y las salidas del producto de diseño es la que nos determina a partir de la función principal, las funciones secundarias necesarias para que esta se cumpla. La metodología de determinar las funciones como acciones en infinitivo que se cumplen en el equipo propuesto de forma secuencial es un activo muy valioso para la definición conceptual del proyecto.

2.3 ÁRBOL DE DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL

En esta parte fue primordial haber establecido claramente las funciones principales del producto, para determinar las funciones secundarias y terciarias a partir de estas. Esta jerarquización generada forma entonces la la descomposición de funciones. En este caso las funciones fueron descompuestas según su importancia, lo que resulta en una clasificación verticalizada.

A continuación mostramos el árbol de descomposición funcional que obtuvimos después de refinar y ampliar lo mejor posible las funciones establecidas en el diagrama de caja gris:

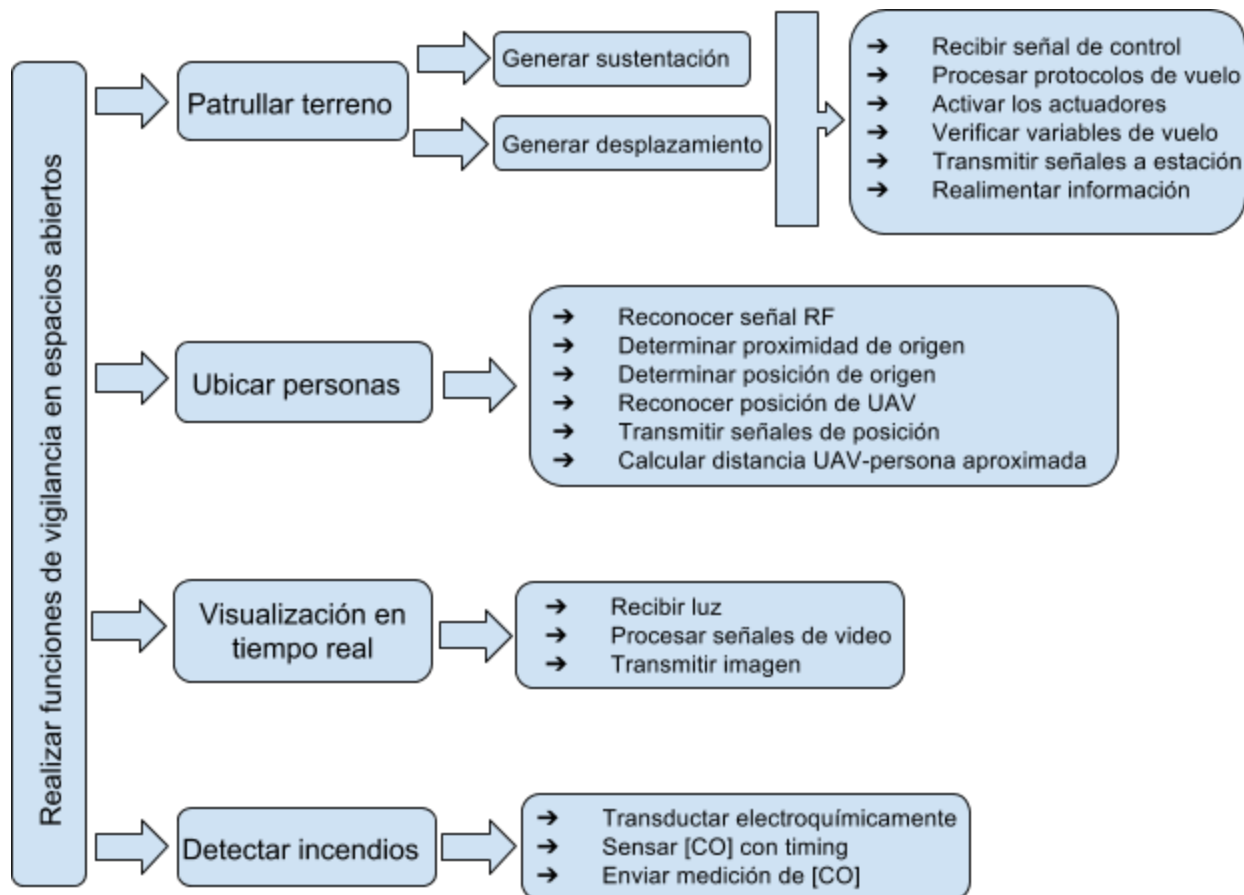


Figura 5. Árbol de descomposición funcional del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto que el proyecto tiene una envergadura considerable y está sujeto a un cierto nivel de complejidad, amerita entonces hacer un recuento y profundización breve sobre cada una de las subfunciones de primer orden y sus derivadas.

Función principal 1:

Esta función comprende las acciones de movimiento que tiene el UAV a partir de la acción de sus dispositivos motores, se divide fácilmente en la capacidad de elevarse

(cosa que comprende despegue, aterrizaje y mantenerse estable durante la longitud del vuelo) y la de desplazarse. Estas si bien son acciones distintas se descomponen funcionalmente bajo el mismo grupo de subfunciones, teniendo en cuenta que el proceso realizado es realimentado y se ejecuta de forma permanente durante toda la operación del equipo.

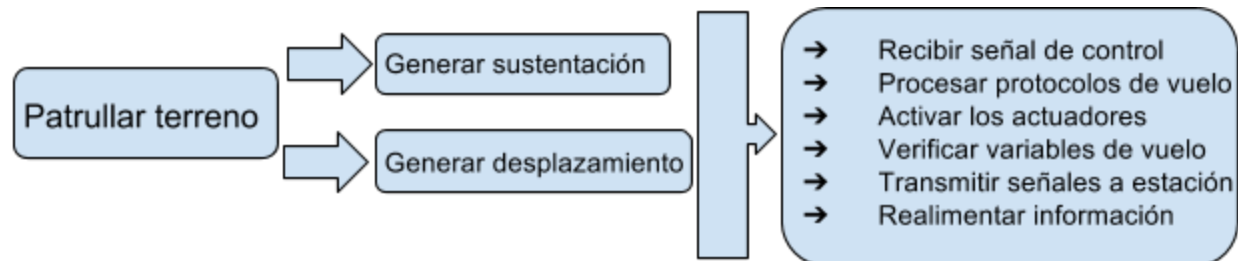


Figura 6. Primer ramal del árbol de descomposición de funciones.

Fuente: Elaboración propia.

Función principal 2:

Si bien esta subfunción es la que cobija la segunda tarea principal del prototipo UAV, que es vigilar y detectar personas a partir de localización, quien logra juntar el equipo con el objetivo que está siguiendo es la función de patrullaje. La función de ubicación es una función dual entre el manillar y la sección de posición del equipo que no puede ser completada sin la colaboración de cada uno de estos 2 actores.

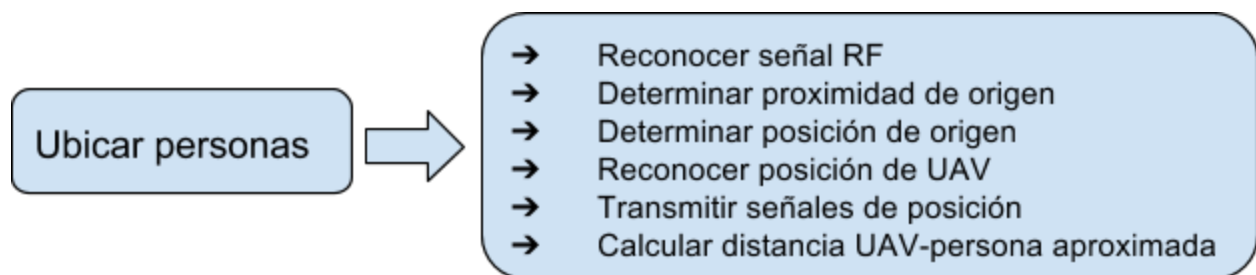


Figura 7. Segundo ramal del árbol de descomposición de funciones.

Fuente: Elaboración propia.

Función principal 3:

Esta función es ejecutada de forma abierta, teniendo que el UAV transmite una imagen a la torre de control de forma continua y permanente, pero este equipo no tiene control directo sobre el contenido de la imagen, esta depende de los componentes que la generan y del medio en que está siendo sobrevolado. La acción de procesamiento es la tarea interna principal que realiza la cámara.

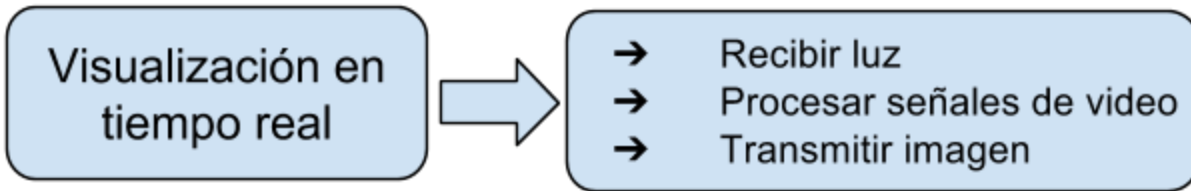


Figura 8. Tercer ramal del árbol de descomposición de funciones.
Fuente: Elaboración propia.

Función principal 4:

La detección de la concentración de CO en el ambiente se hace de forma análoga, pues esta es la capacidad que tienen los sensores de esta índole, la medición tomada bien si es análoga o bien si es digital es responsabilidad del sistema de procesamiento de información del UAV. Mientras tanto, es la estación de control quien debe interpretar si la medición tomada corresponde a un dominio peligroso tentativo para incendios.

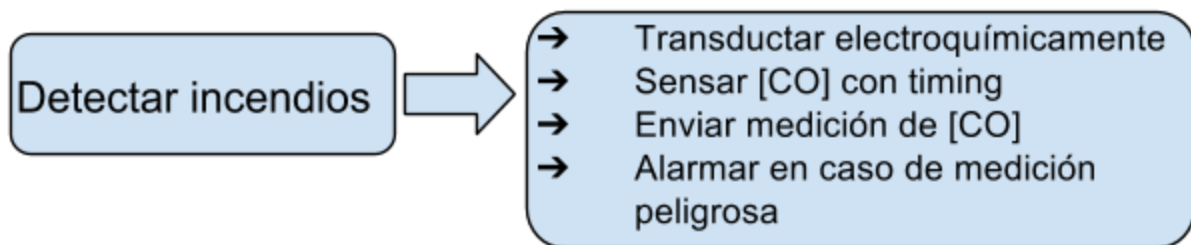


Figura 9. Cuarto ramal del árbol de descomposición de funciones.
Fuente: Elaboración propia.

3. MAPEO FUNCIÓN-CONCEPTOS

3.1 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

En la primera sesión de generación de conceptos se aplicó la técnica de los Seis Sombreros del Pensamiento. Esta sesión estuvo orientada a generar conceptos respecto a la parte mecánica del dron, más específicamente en su variable más importante y abierta: La geometría. La sesión tuvo enfoque en la fabricación del dispositivo, por lo que se investigó el tema de los materiales necesarios para llevar a cabo cada propuesta y su facilidad de fabricación basada en las especificaciones de diseño particulares.

Antes de la reunión cada integrante del grupo había pensado en varios conceptos de diseño, principalmente respecto a la anatomía del dron terminado.

La reunión inició, siguiendo los lineamientos del método de trabajo, con la intervención del sombrero azul para definir las reglas de la sesión. Con estos lineamientos claros para cada miembro del equipo se empezó dándole a un integrante del grupo el sombrero verde para que lo usara, mientras los demás escuchaban sus ideas y observaban los esquemas que hacía; Posteriormente se hacían preguntas para que el expositor desarrollara sus ideas con mayor profundidad.

Después de entender el concepto propuesto, cada integrante tomaba un color diferente y hacía comentarios adicionales, rotando los sombreros. Este proceso se realizó por lo menos dos veces por cada integrante.

La segunda reunión consistió en una videollamada grupal para refinar algunos de los conceptos de la sesión anterior y adicionalmente generar conceptos respecto a la geometría específica del dron teniendo en cuenta las críticas, posibles variables abiertas que pudieran mejorar la idea, y las desventajas de cada uno de los cambios, incluyendo nuevas críticas encontradas al dejar reposar la idea. En esta ocasión, se aprovecharon las herramientas tecnológicas disponibles para que todos los integrantes pudieran compartir y elaborar sus conceptos en un tablero virtual colaborativo. Se aplicó el método de lluvia de ideas (brainstorming), combinado con el método 3-6-5 para compartirlas y desarrollarlas.

En una tercera sesión, también por videollamada, se evaluaron todos los conceptos generados hasta el momento, y grupalmente se escogieron los más factibles e interesantes, en preparación para una cuarta sesión donde se escogería el concepto

dominante. También se reevaluó el TRIZ realizado anteriormente, intentando hallar soluciones alternativas (haciendo uso de las otras soluciones que propone el TRIZ) y profundizando en aquellas contradicciones sin solución propuesta, teniendo la ventaja de una mayor claridad sobre el compromiso que se debe hacer entre cada par de parámetros en conflicto.

3.2 BÚSQUEDA EXTERNA

Fue realizada a través de la técnica de benchmarking de los ejemplos disponibles para cada una de las alternativas tipologías de modelo UAV expuestas previamente que se encuentran en comercialización actualmente. A continuación mostramos un resumen poco exhaustivo de los resultados de esta labor:

Existen en el mercado referencias de drones comerciales desarrolladas por empresas especializadas, casi exclusivamente para el mercado recreativo (*hobbies y juguetes*) y de grabación aérea (esta tiene gran acogida gracias a las panorámicas elevadas que genera, y cuya realización de forma tradicional presenta costes muy elevados). Una de las marcas de más importancia y trayectoria es PARROT, de cuya oferta presentaremos ejemplos comentados.

PARROT tiene la convicción y la idea de negocio de vender hardware para software libre. De esa forma se puede comprar un UAV ya construido y programarlo después a voluntad. Naturalmente, el proceso de montarle más hardware a un UAV existente se convierte en un nuevo problema de diseño, para conocer qué tipo de productos circulan comercialmente veremos un ejemplo en el campo de los drones recreativos:

1. PARROT MAMBO: Modelo de mini-dron recreativo especializado en combates aéreos (al estilo de robot smackdown), de diseño extremadamente robusto y gran estabilidad. Se puede equipar con un lanzador de bolas (cannon) o con una pinza (grabber).



Figura 10. PARROT MAMBO.

También hay empresas que comercializan drones y productos comerciales para las aplicaciones nombradas en la propuesta de proyecto. Precisamente escogimos PARROT porque tiene productos que abarcan la mayoría de estas. A continuación mostramos algunos ejemplos:

2. PARROT BEBOP 2 REAL STATE ADVANCED EDITION: Modelo de dron especializado en levantamiento de modelos 3D para inmuebles. Está asociado al software de cartografía digital Pix4Dmodel, permite realizar y de forma ágil el modelo 3D de una propiedad y exportarlo directamente a una página WEB o a un archivo de proyecto para prototipado rápido IMPRESIÓN 3D. Está equipado con una cámara HD ultraliviana con interfaz sencilla diseñada para teléfonos inteligentes (*smartphones*), los modelos 3D son levantados a partir de fotos tomadas por el UAV.



Figura 11. PARROT BEBOP 2 REAL ESTATE ADVANCED EDITION

Seguimos con otro producto recreativo en la modalidad de equipos recreativos desmontables (al estilo LEGO):

3. Kit desarmable de dron: Dron de construcción estándar, permite adquirir los elementos necesarios para construir un UAV de diseño simple separados en piezas y realizar autónomamente el proceso de ensamblaje previo a su operación.



Figura 12. Kit desarmable para UAVs recreativos.

Notamos que hay en existencia modelos UAV diseñados para rastreo o para contención de accidentes, pero estos están disponibles, con tecnologías acopladas de alto costo, previa adaptación de modelos comerciales por parte de las mismas entidades que hacen uso de ellos.

Para terminar hacemos muestra de un UAV con diseño de ala fija:

4. FX-79 Buffalo: Es un modelo de avión de visión en primera persona (FPV, por sus siglas en inglés). Tiene gran tamaño y cualidades de manejo muy predecibles, excelente estabilidad y una gran cantidad de superficie sobre las alas para hacer frente a cargas adicionales para el uso de FPV.



Figura 13. FX-79 Buffalo.

4. INTEGRACIÓN DE CONCEPTOS

Para la realización de la tarea de integración de los conceptos descritos en las subfunciones hacia la función principal del prototipo UAV (que vale recalcar es una función compuesta, fácilmente descomponible, pero sumamente compleja en su totalidad) se usaron las metodologías del árbol de clasificación de conceptos y de la tabla de combinación de conceptos.

El árbol de clasificación se utilizó con el fin de filtrar los conceptos previamente al análisis de la tabla de clasificación, dado que por la cantidad de conceptos el número de combinaciones sería elevado (eso es cierto para todos los proyectos que superen un cierto nivel de complejidad). Además, el árbol de clasificación da un punto de partida para la generación de nuevos conceptos y para la identificación de diferentes aproximaciones al problema (Ulrich, 2008).

Por otra parte, la tabla de combinación de conceptos es una herramienta para la integración de los conceptos usando el principio de combinatoria. A pesar de dar varias opciones, la tabla de combinación no garantiza que todos los conceptos van a ser conceptos completos, posibles de realizar, o incluso siquiera capaces de ser concebidos. Sin embargo, esta metodología es una herramienta que estimula la búsqueda de alternativas que funcionen en conjunto.

4.1 ÁRBOLES DE CLASIFICACIÓN DE CONCEPTOS

De acuerdo a algunas funciones y/o características de prioridad en el diseño, y que deberán seleccionarse en la siguiente etapa, se realizaron árboles de clasificación para cada una de las secciones funcionales del equipo a desarrollar, correspondiente a cada una de las funcionalidades operativas (estas están ya aterrizadas a equipos e instrumental concretos disponibles en el mercado) que permiten una selección entre múltiples alternativas, aquellas que permiten selección entre varios componentes, aquellas que exigen un tipo específico de componente fueron excluidas de esta labor.

Mostramos entonces el árbol de clasificación de conceptos para la función de control aéreo, que es la que permite al dron volar de forma estable y mantener el equilibrio durante su operación

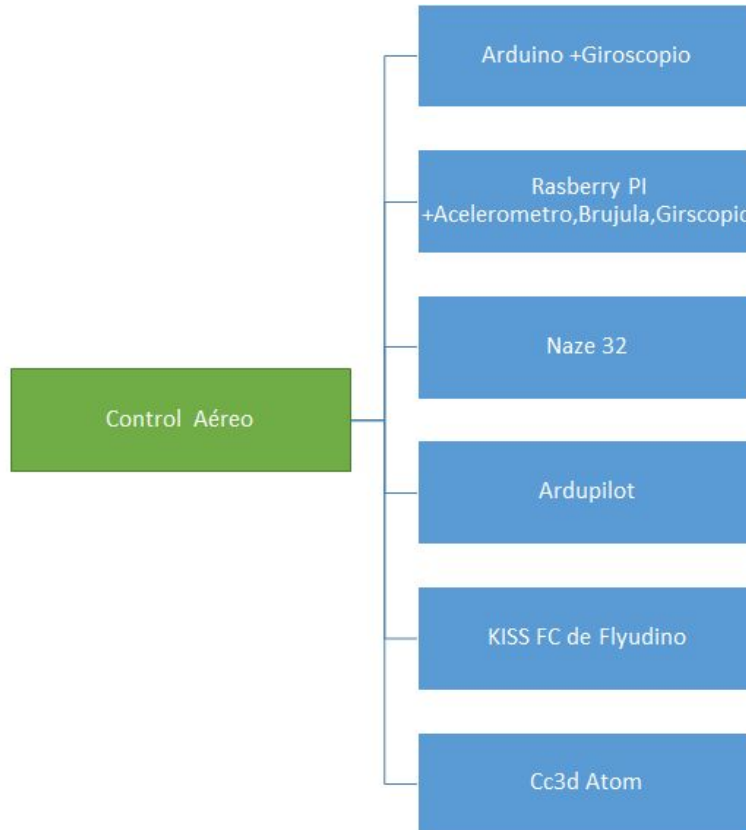


Figura 14. Árbol de clasificación de conceptos para la función de control aéreo.
Fuente: Elaboración propia.

Mostramos el árbol de clasificación de conceptos para la función de comunicación inalámbrica, que es la que permite mantener contacto, transmitir información en 2 vías (equipo-estación de mando) y enviar las señales de control de posición sobre el UAV.

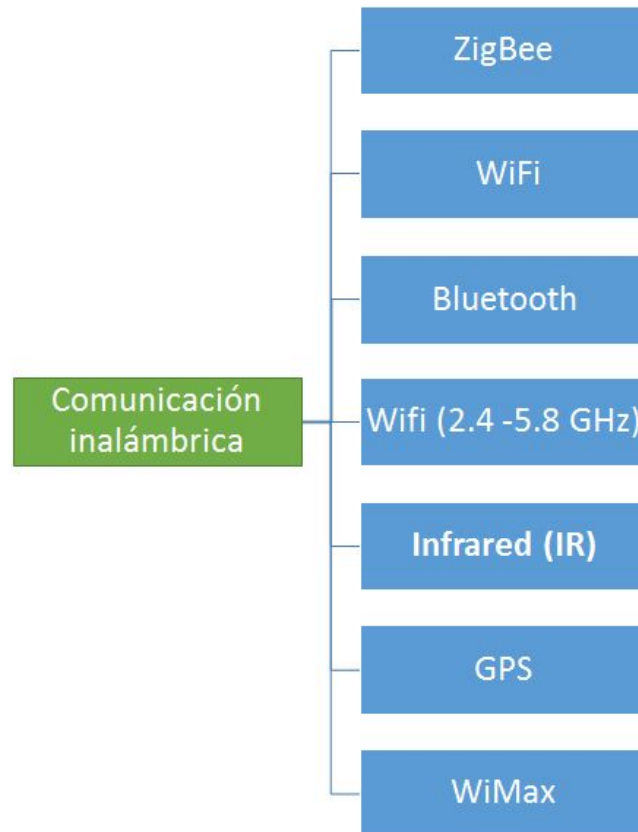


Figura 15. Árbol de clasificación de conceptos para la función de comunicación inalámbrica.

Fuente: Elaboración propia.

Mostramos el árbol de clasificación de conceptos para la función en actuación de hélices, que es la que permite ejecutar la función misma de sustentación del equipo y la que determina el mecanismo de operación de los motores.

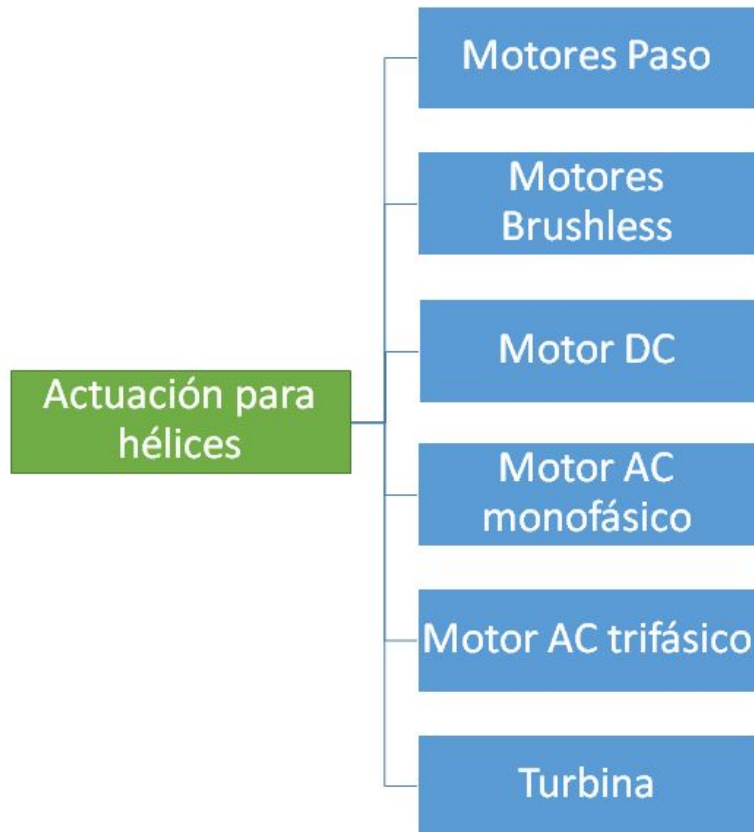


Figura 16. Árbol de clasificación de conceptos para la función de actuación en hélices.
Fuente: Elaboración propia.

Ya para terminar mostramos el árbol de clasificación de conceptos para la función de medición, orientación y posición del UAV, que es la que permite obtener material informativo para las labores de detección de personas a través del rastreador o manillar.

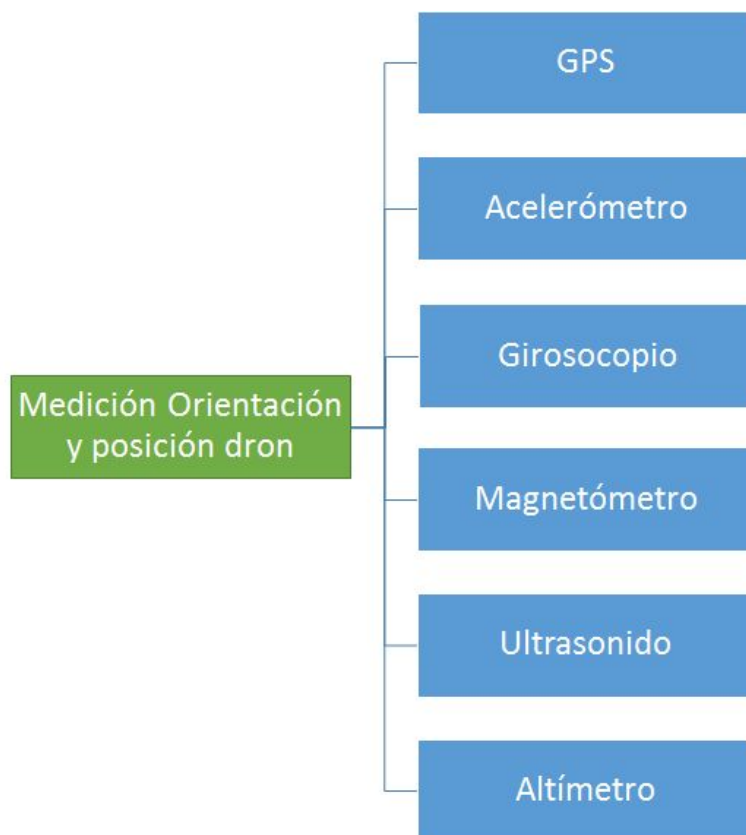


Figura 17. Árbol de clasificación de conceptos para la función de Medición Orientación y posición.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 TABLA DE COMBINACIÓN DE CONCEPTOS

Algunas de las ideas que están plasmados en los árboles de combinación de conceptos fueron eliminadas posteriormente por decisión conjunta (y unánime) entre los miembros del equipo de trabajo, considerando factores como la viabilidad, la manufacturabilidad de las piezas, y la facilidad de conseguir comercialmente los componentes necesarios para llevar a término una determinada solución, así como los posibles costos relacionados y la dificultad de implementación.

Generalmente al haber la imposibilidad de plasmar una determinada combinación en un dibujo se procedía a descartar la misma, aunque en ocasiones esto podía ser subsanado por otro miembro del grupo quien podía tomar la misma idea y lograr plasmarla.

Para comenzar el análisis de los conceptos de solución y las técnicas para solventar los problemas del proyecto se recurre a la disposición de la tabla de combinación de

conceptos. Encontrar varias alternativas que permitan ejecutar una de las tareas dentro de la caja gris, y luego relacionar la solución con otras soluciones relacionadas con tareas dentro de la misma línea de proceso, puede generar sin duda un gran número de soluciones colectivas a la misma tarea, que luego proporcionan la resolución de un problema desde varios enfoques.

Para el primer ejemplo, se cuenta con la línea que configura el vuelo del vehículo. Se compone de las tareas de *control*, *activación del sistema de potencia*, *accionamiento de la sustentación* y *generación del empuje*. Tales tareas se llevan a cabo por medio de las alternativas dispuestas en la Tabla 1, que enseña cómo cada una de ellas se satisface por al menos dos métodos diferentes.

Tabla de combinación de conceptos			
Controlar	Activar sistema de potencia	Actuador de sustentación	Generar empuje y sustentación
Arduino	ESC - Motor brushless		Hélices
Raspberry	Driver - Motor DC		Turbinas
PIC			

Tabla 1. Combinación de conceptos para el vuelo del vehículo.

Algunos de los componentes fueron elegidos para establecer la comunicación directa, puesto que por ejemplo, un motor brushless no puede regularse por medio de un driver DC. Las opciones resaltadas representan las opciones que se van a elegir para satisfacer las necesidades de la aplicación propuesta, ya sea por su disponibilidad o su implementación en el contexto.

Algunos otros componentes no admiten muchas opciones, por ejemplo, la transmisión de video requiere un soporte proporcionado, en su mayoría de casos, por parte del fabricante, debido a que la transmisión de video presenta poca compatibilidad. La combinación de conceptos no es admisible cuando todo el sistema se propone desde la fábrica como predeterminado e inalterable.

5. APLICACIÓN DE TRIZ

Con la aplicación de los pasos del método TRIZ en el informe anterior, el equipo de trabajo procedió a estudiar cada caso individual de contradicción presentado. Como precedente se enuncian a continuación las contradicciones encontradas en la primera fase de diseño:

A. Existe un problema de compromiso entre la precisión de los instrumentos de interpretación de señales y el tamaño del dispositivo.

B. Existe un problema de compromiso entre la calidad de la señal inalámbrica y su alcance.

C. Existe un problema de compromiso entre Peso del dron y Consumo energético.

D. Existe un problema de compromiso entre el sensado de CO₂ y su alcance de detección.

E. Existe un problema de compromiso entre el alcance del UAV y el tiempo máximo de vuelo.

F. Existe un problema de compromiso entre la cantidad de señales de datos y control, y la simplicidad de la interfaz del sistema.

G. Existe un problema de compromiso entre la cantidad de entradas de los dispositivos de control y el número de señales a transmitir.

H. Existe un problema de compromiso entre el peso del dron y la robustez de su sistema de control.

I. Existe un problema de compromiso entre la geometría del esqueleto principal del dron, y su manufacturabilidad.

J. Existe un problema de compromiso entre la cantidad de herramientas a bordo y la facilidad de reparación.

K. Existe un problema de compromiso entre la estabilidad del sistema de control y el tiempo de asentamiento.

Observando la lista de contradicciones, el equipo llegó a varias conclusiones:

Después de describir el comportamiento de las propiedades involucradas en el diseño del dispositivo, e identificar relaciones antagónicas entre ellas, se establecieron los caminos por medio de los cuales estas propiedades que entran en oposición puedan compensarse basados en principios creativos y constructivos propuestos por el TRIZ. A continuación, se explican las dificultades y la forma en que se ha obtenido una solución para cada una de ellas:

1. Una de las principales relaciones antagónicas es la precisión de los dispositivos a bordo del UAV, y su tamaño. Estos dispositivos pueden ser muy poderosos y disponer información para el análisis muy útil para el control del vehículo,

además de precisa. Sin embargo, el espacio que ocupan y su masa son muy altas, lo que se traduce en mucha energía para el desplazamiento, y una dificultad para el control completo del sistema. Para dar solución a estos problemas por medio del método TRIZ se ha mejorado el *volumen de un cuerpo en movimiento* mientras se conserva la *complejidad del dispositivo*. La respuesta obtenida por medio del software de análisis (**Segmentación**) se aplica de la siguiente forma: Los instrumentos de interpretación, en su función analítica, se separan de los componentes que efectúan la captación de la señal. De esta forma, los dispositivos que están a bordo son solamente aquellos que recogen las señales, que posteriormente se transmiten a unidades en tierra que interpretan la información de forma efectiva para el control del vehículo en el aire.

2. Otro de los componentes a analizar dentro de las contradicciones es la relación incompatible entre la calidad de la señal inalámbrica y su alcance. Esta relación se debe a que a medida que el dispositivo se va alejando de la antena con la que se establece la comunicación, la señal que debiera recibirse se va perdiendo y, por tanto, la comunicación es deficiente. La única forma de aumentar el alcance de las señales transmitidas desde el vehículo es por medio del uso por encima de lo normal de la fuente de energía, algo considerado un lujo. Los principios de diseño involucrados en este caso se han interpretado como el mejoramiento de la *detección (Difficulty of Detection)* mientras se mantiene el consumo energético (*Power*) dentro del vehículo. Las alternativas aplicables al contexto del problema arrojadas por el método TRIZ (**Segmentación**) se pueden interpretar como la disposición de dispositivos repetidores de la señal a transmitir, ubicados dentro del dominio de vuelo del vehículo, de tal forma que cualquier señal que quiera ser transmitida desde cualquier punto del dominio de vuelo hasta el centro de computación de la información llegue íntegra para su interpretación. El siguiente componente a analizar es el antagonismo entre el peso del dron y el consumo energético. Es evidente que el peso se traduce en inercia, que debe ser desplazada por un actuador impulsado por una fuente de energía finita, debido a que está a bordo del vehículo. En vista a que una de las dos características debe ser reducida, y que el control más simple se puede realizar sobre el peso, este va a ser el factor a modificar (*Weight of moving object*) mientras que la energía se conserva (*Power*). Basado en la respuesta obtenida por medio del método TRIZ (**Acción periódica**) se realiza la acción de control de los motores por una técnica que permita el menor gasto de energía, tal técnica podría ser por ejemplo la implementación de un control H infinito, que se desarrolla como la solución de un problema de optimización en la que se cumplen muchos criterios de diseño, tales como el seguimiento de la referencia en el menor tiempo posible, además de una disminución del sobrepico significativa, comparada con otras técnicas. Y por último, y lo más importante, el controlador H infinito es una alternativa que busca control bajo la menor condición de consumo.
3. Continuando, existe un problema de compromiso entre el sensado de CO y el alcance de la detección. El problema básicamente se traduce en la dificultad de

encontrar muestras impregnadas de CO en el aire, debido a que el contenido que llega a un sensor fijo al vehículo sería desplazado por el movimiento de las aspas de los motores. Entre las soluciones coherentes halladas por medio del software de método TRIZ (**Segmentación**) se puede disponer que el sensor de CO no se apoye fijo sobre el vehículo en donde quede al alcance de las aspas que dispersan la muestra, sino que se ubique en un lugar donde no pueda ser alterada la medición que se realiza por medio del sensor.

NOTA: Aunque se supone como un hecho que la muestra puede ser alterada por desplazamiento del aire, la realización con un montaje más realista nos puede orientar mejor con respecto al comportamiento del sensor. Si por ejemplo el sensor tiene una gran capacidad de detección, va a poder determinar si una muestra tiene CO aunque gran parte del volumen haya sido desplazada por los motores.

4. Vamos por la mitad, y ahora tenemos la relación contradictoria entre autonomía y peso, que se traduce en que la duración de la batería se ve considerablemente afectada en la medida en que las cargas del vehículo se incrementan, la comparación se traduce de forma similar al inciso C, donde la **segmentación** proporcionó una solución traducida en la reducción máxima posible de peso dentro del vehículo, tema que se ha vuelto una prioridad a lo largo del desarrollo de este ejercicio.
5. Siguiendo con nuestro ejercicio, encontramos la dificultad que relaciona la cantidad de señales de datos y la complejidad que puede implicar. En este punto es importante contar con una gran cantidad de señales, pues a mayor información del recorrido del vehículo se puede controlar con mayor precisión y la información obtenida durante su circulación puede ser mucho más fiable. Sin embargo, la adición de dispositivos que realicen gran cantidad de medidas y su posterior computación, además de alterar el peso (que se mantiene al límite) puede traer problemas para su posterior interpretación. Analizando el problema presentado por medio del método TRIZ se desea mejorar la facilidad de operación (*Ease of operation*) mientras se mantenga la complejidad del dispositivo (*Device complexity*). Aparecen cuatro posibles soluciones, pero destacan dos por su sencillez en la implementación: **Cambio de colores** y **Manejo de datos en otra dimensión**. Durante el desarrollo del dron se debe programar el software de control de tal forma que sean distinguibles las cantidades que se desean modificar, y aunque la información sea clara no debe ser insuficiente. Un código de colores para todo el proyecto, por ejemplo, podría hacer la diferencia para identificar los motores a controlar, o los valores a modificar en los sensores. Por otra parte, una programación inteligente permite identificar las variables que se están modificando. Si se realiza con un seguimiento adecuado, y un buen orden, la aplicación de la teoría de programación orientada a objetos y las estructuras de datos pueden permitir la obtención de datos importantes de forma sencilla.
6. A continuación, se propone la relación opuesta que existe entre las señales que salen del dispositivo y las que se pueden determinar por medio de la tarjeta de control, debido a que controlar el vehículo puede suponer una gran cantidad de

señales, que no pueden ser ni interpretadas ni transmitidas por medio del procesador. Por tanto, se propone esta relación antagónica en forma de volumen de información (*Volume of moving object*) contra la velocidad de esa transmisión (*Speed*) debido a que los canales múltiples se disponen para que la información pueda ser dispuesta por el dispositivo de interpretación en tierra de la forma más eficiente. Haciendo uso del método TRIZ, se ha determinado que la solución propuesta (**Discarding and Recovering**) puede interpretarse como la emisión constante de información por medio del mismo canal de transmisión, pero que el dispositivo de procesamiento en el aire solamente se encargue de transmitir información concerniente a distintas partes y controles del vehículo, sin atestar las entradas del mismo. El propósito puede realizarse de forma temporizada por medio de un par de multiplexores, para coordinar la toma de información y el envío de información.

7. El siguiente asunto a solucionar se relaciona con el antagonismo presente en la relación entre el peso del dron y la controlabilidad de todo el sistema. Algunas soluciones que pueden surgir inicialmente se relacionan con un decremento en el peso del dispositivo, y partiendo del hecho de que esta característica es incontrolable, y que la modificación solo se puede realizar sobre la controlabilidad del sistema, queda por ver de qué forma se puede alterar el sistema de manera que conserve su peso, pero se haga controlable. Por medio del método TRIZ se han tomado por referencia las dos características: modificable la controlabilidad (*Stability of the object*) e inalterable el peso (*Weight of moving object*). La solución obtenida que se ha considerado como válida es el cambio de parámetros (**Parameter changes**) del controlador. La sintonización de los controladores que se van a emplear en el desarrollo se convierte en una tarea importante para obtener la mejor respuesta en cuanto a maniobrabilidad, e incluso la reinterpretación del diseño geométrico podría generar respuesta en parámetros mucho más favorable para el desplazamiento del vehículo.
8. Otra de las relaciones conflictivas se establece entre la manufacturabilidad del esqueleto del dron, y la complejidad de su geometría. Debido a que este segundo atributo está sujeto al diseño mecánico en mayor magnitud, y en calidad estética en segundo lugar, la geometría a manufacturar puede ser considerablemente difícil de implementar por medio de los métodos constructivos que se disponen. Por tanto, haciendo uso del método TRIZ se ha llegado a la conclusión que para mejorar la facilidad de manufactura (*Ease of manufacturing*) mientras se conserva la complejidad de la geometría (*Shape*) se debe acudir al principio constructivo de **Segmentación**. Nuevamente la división de los componentes proporciona una geometría mucho más fácil de interpretar para un ingeniero de manufactura, que podría elaborarlas teniendo en cuenta los contornos y los procesos aplicables para cada uno de los conjuntos.
9. Casi finalizando, las relaciones entre las herramientas a bordo del vehículo y la complejidad de reparación se hacen conflictivas. Debido a que la cantidad de dispositivos a bordo es numerosa, se puede volver un serio problema intentar identificar las fallas y además realizar la manipulación de los componentes que se desean reparar, por ello se acude nuevamente al método TRIZ para

encontrar una solución mientras se identifican las características constructivas que entran en conflicto. En este punto se disponen dos alternativas muy valiosas. La primera de ellas es nuevamente la **Segmentación**, que se traduce en la disposición ordenada y separada de los dispositivos a bordo en secciones del chasis, de tal forma que la identificación de las partes y su corrección pueda llevarse a cabo sin ningún inconveniente, una sugerencia adicional es adaptarse al mismo código de colores que se ha seguido durante el proyecto desde que se propuso el antagonismo entre *la cantidad de señales y la complejidad que esto supone*. Otro de los principios que es aplicable en este punto es el uso de la solución “la otra manera” (**The other way round**) que propone dentro de una de sus soluciones la fijación de los componentes desde el lado inferior, para evitar que la fijación y el mantenimiento relacionado con conexiones se incomoden simultáneamente. Por ejemplo, un soporte bajo una PCB puede resultar más conveniente que pasar sobre ella un soporte que la tome por arriba, ocultando posiblemente conexiones e información relevante al mantenimiento eléctrico.

10. El último de los problemas a tratar con respecto a las relaciones es el que vincula el control del sistema y la estabilidad del mismo. La solución para este principio ha sido presentada anteriormente en el inciso H (**Parameter changes**).

En conclusión, una de las soluciones que más aplicabilidad tiene en el proyecto, para asegurar distintas características como reducción de la complejidad, identificación de señales y prolongación del alcance; es la **segmentación**, esta alternativa prácticamente aplica para todo, se trata de descomponer el problema en tramos más pequeños y realizables. Otras características a destacar son las aplicaciones de **códigos de colores**, para una interpretación más sencilla de los componentes del proyecto, asociados con las secciones del vehículo; y la aplicación de un protocolo de comunicación muy efectivo para transmitir la mayor cantidad de información por la menor cantidad de canales (**discarding and recovering**).

6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y SELECCIÓN DE CONCEPTO DOMINANTE

6.1 FILTRO PREVIO

En el proceso de filtrado previo se partió del uso de los árboles de clasificación de conceptos para crear los conceptos candidatos. Como resultado de las combinatorias de cada árbol de clasificación sobre un requerimiento particular elegimos una rama en cada árbol para la generar lo que fueron en total 8 candidatos, estos son:

1. Dron Helicoptero:

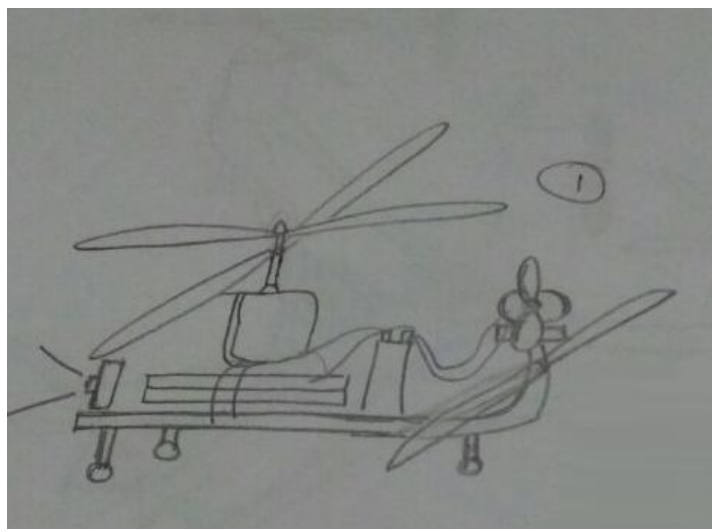


Figura 18. Concepto Dron Helicoptero.

Fuente: Elaboración propia.

Este concepto se basa en un modelo de helicóptero tradicional donde una hélice produce el empuje mientras otra contrarresta el efecto de la torsión generada por el primer motor.

- **VENTAJAS:** Solo se necesita tener un motor este opera a una velocidad angular constante, no necesita tener una estructura demasiado compleja y esta puede estar fabricada en acrílico o MDF haciendo uso de técnicas apropiadas de reducción de peso sobre su geometría.
- **DESVENTAJAS:** Un diseño como este requiere que se realice un sistema de variación de ángulo de ataque para las hélices del propulsor principal, que proporciona el empuje, además requiere de un sistema de transmisión complejo que habría que diseñar e implementar a la medida del proyecto.

2. Dron Aeroplano:

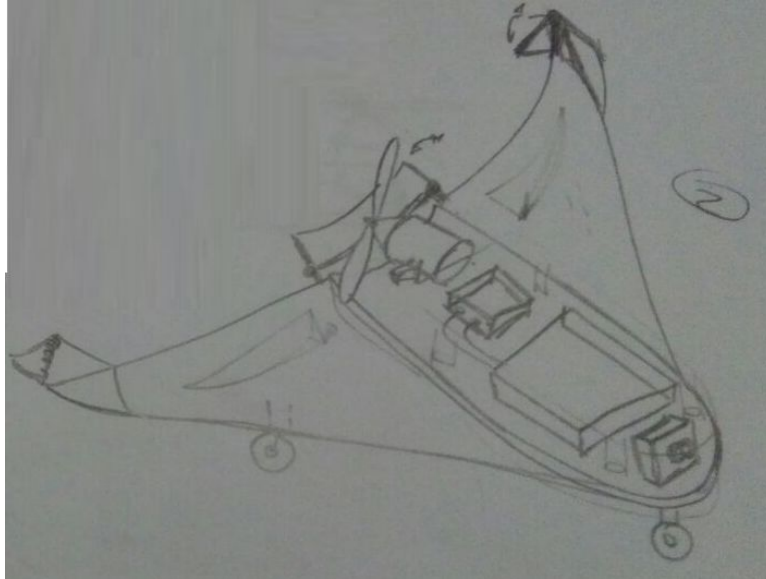


Figura 19. Concepto Dron Aeroplano.
Fuente: Elaboración propia.

Está constituido por la idea comercial de un aeroplano con un ala delta y un timón de cola accionado por un motor trasero. Se concibe para realizar vuelos a baja altura.

- **VENTAJAS:** Solo necesita tener un motor para operar, puede llegar a ser muy eficiente energéticamente ya que solo requiere proporcionar una velocidad para que las alas realicen el empuje, el control relativamente sencillo.
- **DESVENTAJAS:** Un diseño como este requiere que se realice un sistema de variación de ángulo de ataque para las alas y los timones además de un diseño muy extenso a nivel aerodinámico donde el ala delta, el timón, y los flaps sean diseñados a la medida de una velocidad específica, lo cual requiere unos conocimientos extensos y un manejo profundo del diseño aeronáutico.

3. Dron Tricopter:

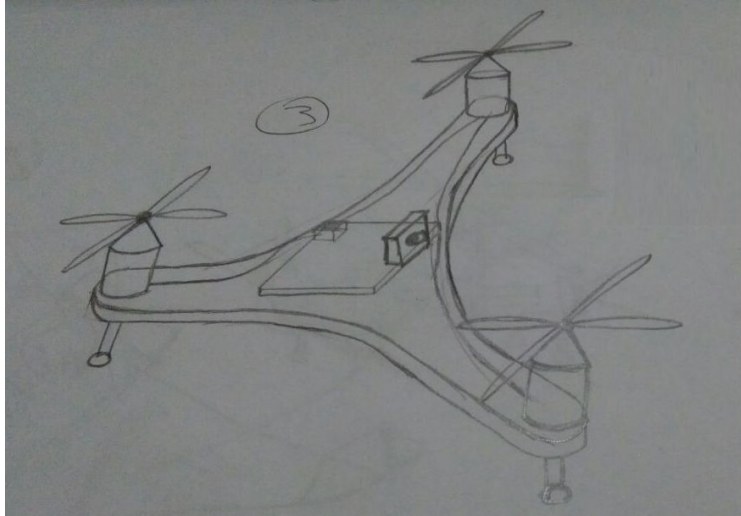


Figura 20. Dron Tricopter.
Fuente: Elaboración propia.

Consiste en un dron tricóptero (de tres brazos, lo mínimo para lograr estabilidad) que puede realizar vuelos de baja altura y despegar desde una plataforma pequeña. La geometría específica debe contar con un equilibrio en el centro de masas para evitar problemas de estabilidad, este diseño debe cumplir con las especificaciones propuestas por el proyecto.

- **VENTAJAS:** Puede economizar energía al manejarse con una diferencia en la potencia de los motores de forma que en uno opere con el doble de potencia que los otros dos. Puede construirse con un diseño protegido un poco más compacto el de una alternativa cuadricóptero.
- **DESVENTAJAS:** Requiere la implementación de un sistema de control bastante complejo, puede requerir una variación de potencias muy alta para tener facultad de realizar movimientos hábiles, además de que puede ser complicada la tarea de selección de motores.

4. Dron Hélice:

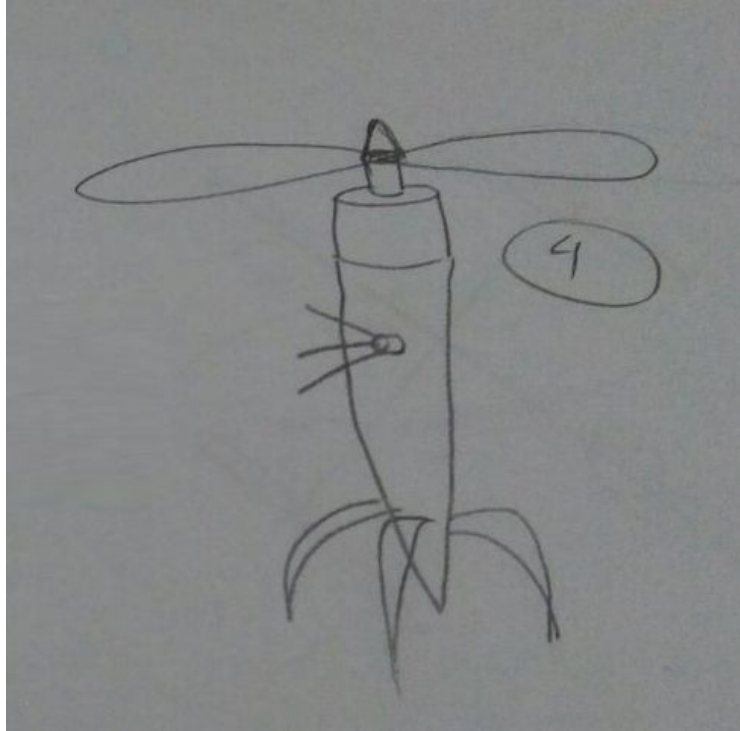


Figura 21. Dron hélice.
Fuente: Elaboración propia.

Con un diseño compacto construir un dron con doble motor a doble hélice en giro invertido una de la otra, los dos motores sobre el mismo eje y por un sistema de flaps varía la dirección del eje que varía la dirección del empuje.

- **VENTAJAS:** diseño muy compacto y ligero donde las partes mecánicas son mínimas en tamaño.
- **DESVENTAJAS:** Requiere un control extremadamente complejo además de que los motores deben tener un eje fijo en el medio lo que obliga a realizar un diseño de motor a medida, lo que es una labor ardua. Impone el uso de elementos que posean geometrías que ajusten dimensionalmente en una estructura obligada a tener un diseño esbelto y aerodinámico, esto requiere del diseño de elementos electrónicos en geometrías mecánicas específicas a medida, cosa que complica la manufacturabilidad del prototipo.

5. Dron AeroNave:

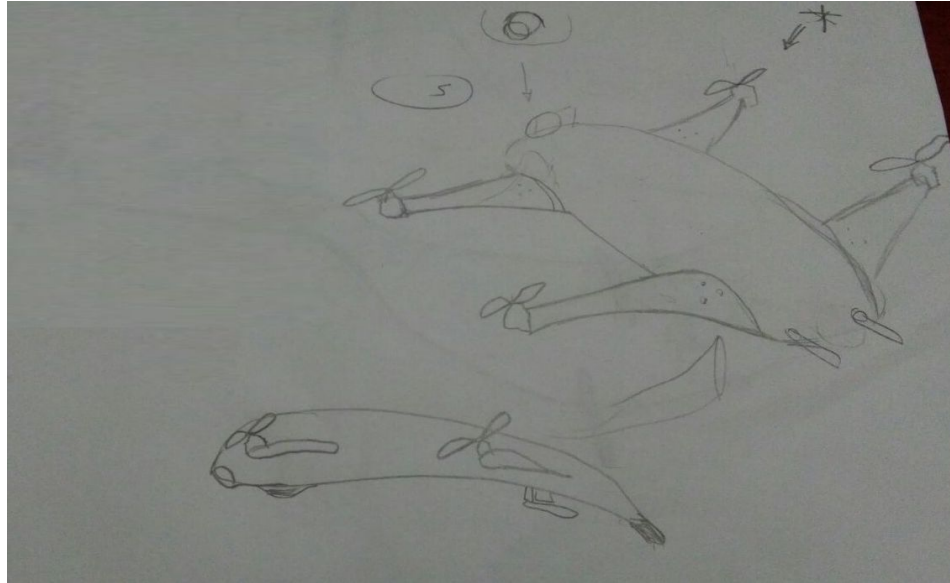


Figura 22. Concepto Dron AeroNave.

Fuente: Elaboración propia.

Basado en una plataforma tipo cuadricoptero, este dron tendrá un diseño aerodinámico específico usando perfiles alares como brazos y sus motores estarán dispuestos en una geometría que permita un vuelo ágil hacia adelante y suspensión estática en el aire.

- **VENTAJAS:** Un diseño relativamente estable que permite un control amplio utilizando los motores, puede aprovechar la velocidad de vuelo para generar un pequeño empuje incrementando un poco la eficiencia de vuelo en periodos de movimiento. Cuenta con una geometría que puede aprovechar las corrientes horizontales.
- **DESVENTAJAS:** El diseño es complejo debido a que requiere que todas las piezas de control estén cubiertas, lo que implica la realización de un diseño aerodinámico de detalle y requiere la generación de protocolos de despegue que pueden llevar un tiempo considerable de programación.

6. Dron doble Ala Delta:

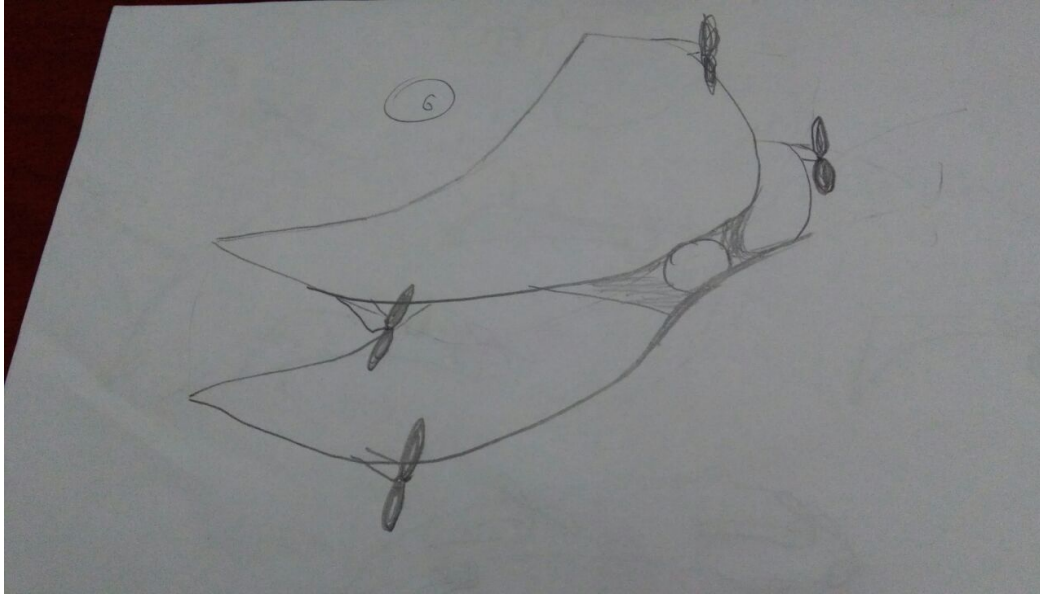


Figura 23. Dron Doble Ala Delta.
Fuente: Elaboración propia.

Se basa en dos alas deltas configuradas en cruz con todos los elementos de control en el centro, está dispuesto como un avión pero posee un motor en cada ala que, al tener la geometría de un cuadricóptero, permitiría un despegue vertical y también suspensión estática en el aire.

- **VENTAJAS:** Un diseño relativamente estable que permite un control amplio utilizando los motores. Este actuaría como un avión a velocidad, lo que reduciría el consumo de la batería.
- **DESVENTAJAS:** Requiere un diseño complejo, debido a que requiere que todos los componentes de control estén cubiertos y que el ala actúe de manera apropiada. Esto implica un diseño aerodinámico con gran detalle y profundidad. También requiere de la generación de protocolos de despegue que pueden llevar tiempo y esfuerzo considerable de programación.

7. Dron Jet:



Figura 24. Concepto Dron Jet.
Fuente: Elaboración propia.

Consiste en un avión con geometría de jet con propulsores traseros, se diseña para manejar vuelo a alta velocidad.

- **VENTAJAS:** Puede llegar a ser muy eficiente energéticamente ya que para elevarse no requiere sino proporcionar una velocidad para que las alas realicen el empuje. El control es relativamente más sencillo de implementar.
- **DESVENTAJAS:** Un diseño como este requiere que se realice un sistema de variación de ángulo de ataque para las alas y los timones, además de un diseño muy extenso a nivel aerodinámico donde el ala, el timón, y los flaps sean diseñados para una velocidad específica, lo que requiere conocimientos extensos y profundidad de manejo del diseño aeronáutico.

8. Dron Cuadricoptero:

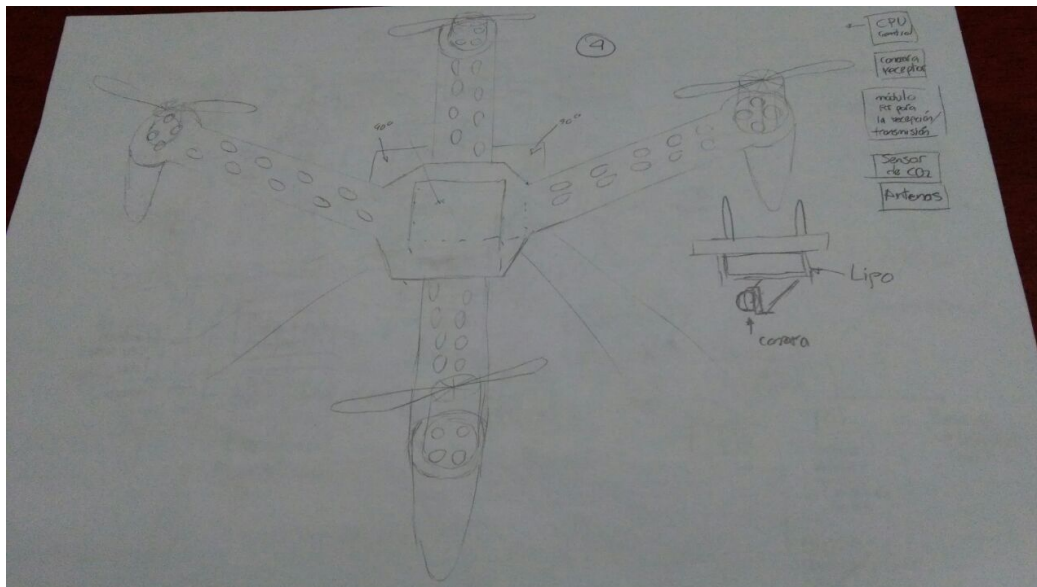


Figura 25. Concepto Dron Cuadricoptero.
Fuente: Elaboración propia.

Esta idea es el perfil del clásico dron cuadricóptero, permitiría usar kits de desarrollo para evitar tareas de diseño mecánico.

- **VENTAJAS:** Un diseño relativamente estable que permite un control amplio utilizando los motores, no requiere de labores de diseño mecánico.
- **DESVENTAJAS:** Poca innovación.

6.2 APLICACIÓN DE MATRIZ DE PUGH PARA SELECCIÓN DE CONCEPTO DOMINANTE

A los conceptos se les hizo una evaluación respecto a sus requisitos y especificaciones funcionales más importantes para determinar el que será el concepto global dominante a partir de este punto del proyecto. Esta determinación fue tomada con la ayuda de la matriz de Pugh. En la imagen 26 se muestra los resultados donde el concepto más sobresaliente fue el dron aeronave.

Cabe resaltar que en la matriz de Pugh no aparecen todas las alternativas conceptuales desarrolladas en la sección de filtro previo puesto que en una revisión más profunda sobre la factibilidad esperada sobre cada una de las alternativas hubo algunas que no pasaron la prueba, por este motivo fueron excluidas de forma inmediata (descartadas por derecha) puesto que no podemos arriesgarnos a tener por alternativa dominante un diseño irrealizable bajo nuestras condiciones de trabajo.

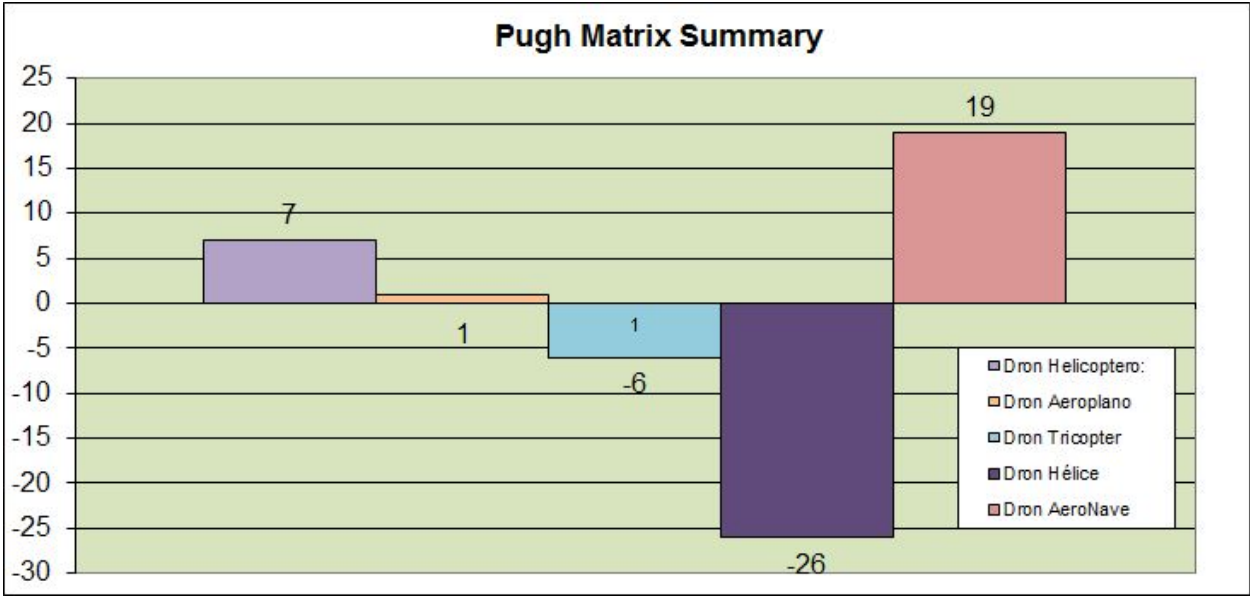


Figura 26. Resultado de la aplicación de la matriz de PUGH.
Fuente: Elaboración propia

7. TRANSMISIÓN EFECTIVA DEL CONCEPTO GLOBAL DOMINANTE

El concepto dominante de dron aeronave consistiría en uno inspirado sobre la geometría funcional del PARROT BEBOP DRONE [7] que como ya sabemos, es un dron comercial. Los brazos de nuestro dron habrán de presentar un perfil que evite flujos turbulentos por debajo de sus hélices, su cuerpo deberá tener un tipo de cubierta que cumpla funciones tanto de protección y/o resguardo de la circuitería interna como de perfil adicional aerodinámico, además, tendrá aberturas para elementos conectados a los módulos como son las antenas, la cámara, el GPS, y la entrada del sensor de [CO].

Contará dentro de la cubierta con los módulos de sensor de [CO], radiofrecuencia (RF), emisión de vídeo, un GPS, sensor de bajo voltaje, la batería LIPO, el procesador, y sus sensores de vuelo tales como giroscopio, altímetro ,etc. de forma que se acomoden con facilidad y queden bien sujetos a la estructura. La cubierta también debe ser fácil de quitar y junto al cuerpo de la estructura permitir una buena disposición de los cables.

Su mando de control será un control tipo Xbox de 2 joysticks y botones, con los cuales respectivamente se le indicará la orientación angular a seguir para desplazarse, permitirá calibración, encendido/apagado, y toma de datos (GPS, ppm CO, orientación actual, entre otros) del dron. Igualmente envía por radiofrecuencia las señales.

Usará cuatro motores de alto número de revoluciones para propulsarse y estabilizarse en el aire. Estos serán controlados por el hardware del microprocesador dentro de la cubierta, y sus velocidades se variarán mediante PWM.

Desde la estación terrestre podrá usarse la información recibida para generar alguna especie de registro de las mediciones, ya sea un gráfico o display de datos como el estado de la [CO], la posición, y la distancia del dron en la región de vuelo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El concepto de Dron aeronave fue el más dominante debido a la robustez que proporciona el diseño en proteger sus circuitos, la capacidad aerodinámica que puede lograr, y su facilidad de fabricación mediante técnicas como la impresión 3D.
2. Muchos conceptos se ven limitados en cuanto a costos o fabricación por que se requieren formas, materiales y/o dispositivos de difícil obtención.
3. Considerando el amplio estado del arte del que se dispone, para varios de los subproblemas ya se tiene conocimiento de alguna solución factible.
4. Se requiere especificar el protocolo o diseño del sistema de comunicación que eventualmente será uno de los temas más importantes del diseño en detalle.
5. Es necesaria la verificación del concepto con posibles expertos en el tema y actores del proyecto.

REFERENCIAS

- [1]. R. Beard, D. Kingston, M. Quigley, D. Snyder, R. Christiansen, W. Johnson, T. McLain y M. A. Goodrich, «Autonomous Vehicle Technologies for Small Fixed-Wing UAVs,» Journal of Aerospace Computing, Information and Communication, vol. 2, n° 1, pp. 92-108, 2005.
- [2]. M. A. Naqvi, H. Shah, A. Ali y F. Naeem, «Design and development of a small scale fixed wing aerial vehicle for over the hill missions in urban warfare,» de Applied Sciences and Technology (IBCAST), 2014 11th International Bhurban Conference, Islamabad, 2014.
- [3]. P. Ifju, M. Waszak y L. N. Jenkins, «Stability and control properties of an aeroelastic fixed wing micro aerial vehicle,» de Atmospheric Flight Mechanics Conference and Exhibit, Montreal, 2001.
- [4]. S. D. Hanford, L. N. Long y J. F. Horn, «A Small Semi-Autonomous Rotary-Wing Unmanned Air Vehicle (UAV),» de Infotech Aerospace, Arlington, Virginia, 2005.
- [5]. W. Z. Stepniewski y C. N. Keys, Rotary-wing Aerodynamics, Courier Corporation, 1984.
- [6]. <http://www.mundorcx.com/aviones/6945-fx-79-buffalo-fpv-flying-wing-epo-airplane-2000mm-pnf-58052.html>. Recuperada de internet el 26 de febrero del 2017.
- [7] PARROT BEBOP DRONE (AR 3.0): A QUIRKY YET GOOD HIGH-END QUADCOPTER, <http://mydronelab.com/reviews/parrot-bebop-drone.html> .Recuperada de internet el 26 de febrero del 2017.

ANEXOS